湖羊肌肉营养特点及肌纤维组织学特性

王玉琴[1,2] 田志龙[1] 施会彬[1] 钟甲丽[1] 任国艳 李元晓[1,2] 刘玉梅[1] 吴秋珏[1] 王建平[1] 张自强[1] 丁 轲[1] 余祖华[1] 赵战勤[1]

（1.河南科技大学动物科技学院，洛阳 471023；2.河南省肉羊繁育工程技术研究中心，洛阳 471003）

摘 要：为了研究湖羊肌肉营养特点及肌纤维组织学特性，分别测定了不同年龄（初生、断奶、成年）湖羊肌肉中常规营养成分（水分、粗蛋白质、粗脂肪、粗灰分、钙、磷）、18 种氨基酸的含量以及不同年龄湖羊不同部位（臂三头肌、股二头肌、背最长肌）肌肉的肌纤维组织学特性（肌纤维直径、肌纤维密度）。结果表明：随着年龄的增长，肌肉中水分含量显著降低（$P<0.05$），粗脂肪、粗蛋白质、粗灰分、钙和磷的含量逐渐增加，且成年羊与初生羔羊和断奶羔羊之间差异显著（$P<0.05$）。湖羊肌肉中苏氨酸、缬氨酸、蛋氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸、赖氨酸、组氨酸和精氨酸的含量随着年龄的增长而显著增加（$P<0.05$），非必需氨基酸含量随着年龄的增长大致呈增加趋势。在湖羊肌肉的所有氨基酸中含量最高的是谷氨酸，其次是天门冬氨酸。不同年龄湖羊的肌纤维直径均表现为背最长肌＜股二头肌＜臂三头肌，肌纤维密度均表现为背最长肌>股二头肌>臂三头肌，且同龄湖羊 3 个部位之间的肌纤维密度均差异显著（$P<0.05$）。相同部位的肌肉，其肌纤维直径随年龄的增长而增大，肌纤维密度随年龄的增长而减小，且不同年龄间差异显著（初生羔羊与断奶羔羊的臂三头肌除外）（$P<0.05$）。综上可知，湖羊肌肉营养丰富，氨基酸种类齐全，肌纤维组织学特性在不同年龄和不同部位间存在差异，断奶羔羊肉营养更丰富，更具香、嫩等特点。

关键词：湖羊；肌肉；营养成分；肌纤维组织学性状

中图分类号：S816 文献标识码：A 文章编号：

收稿日期：2017-02-08

基金项目：国家自然科学基金项目（31472095）；国家科技部星火计划项目（2015GA750002）；国家现代农业（肉羊）产业技术体系建设专项（CARS-39）

作者简介：王玉琴（1972—），女，内蒙古赤峰人，教授，博士，主要从事绵、山羊遗传繁育与肉羊生产研究。E-mail： wangyq6836@163.com

近年来，随着生活水平逐步提高，人们的保健意识也越来越强，其中食品保健成为人们的关注的重点。羊肉是我国三大肉类食品之一，是一种高营养食品，我国早在六、七千年前就开始食用羊肉，羊肉的肉质细嫩，味道鲜美，营养丰富，脂肪和胆固醇含量低，易于消化吸收，食用价值高，更是冬季进补的圣品。羊吃百草，有“百药之库”之称，李时珍在《本草纲目》中说：“羊肉味甘苦，性温热，可暖中补虚，补中益气，开胃健身，益肾气，养胆明目，治虚劳寒冷，五劳七伤”。可见羊肉不但含有丰富的营养成分，也具备一定的药用价值，且羊肉没有宗教和文化差别的禁忌，近年来愈来愈受到人们的追捧和喜爱[1]。我国是羊肉生产大国，2014年，我国羊肉生产占全球羊肉产量的 1/3，但我国不是羊肉加工强国，90%以上的产品都是生鲜羊肉，因为我国目前缺乏对羊肉品质特性和加工特性的系统研究，缺乏适合我国羊肉品种特点、消费习惯和加工方式的羊肉分割技术[2]，尤其是缺乏针对某一肉羊品种在不同阶段所生产的商品羊肉品质特性的系列化研究，从而不能生产高端羊肉产品及提高羊肉附加值来参与国际市场竞争。同时，世界上养羊业发达的国家如澳大利亚、法国、新西兰、英国和美国等国家，羔羊肉生产占羊肉总产量的 70%以上，而我国则不足 30%[3]，因此羔羊肉生产是我国养羊业未来发展方向之一。湖羊是我国一个地方优良绵羊品种，产区主要在浙江、江苏等的太湖流域，属于皮肉兼用型品种，具有繁殖力强、泌乳性能好、产肉性能理想、适应性强等优良特性，特别是湖羊具有多胎基因，对我国优秀多产羊品种基因的建设提供了理论依据。近些年来，随着肉羊产业的发展，湖羊在全国主要养羊产区作为肉用羊[4]或作为母羊进行杂交改良和培育新品系或新品种进行饲养[5-7]，并开展了优质基因的筛选和挖掘等方面的研究和应用[8-10]，湖羊在我国的养羊业尤其是肉羊产业发展中具有很大的利用前景。本试验拟对常规条件下饲养的不同年龄湖羊肌肉的基本营养成分以及不同年龄、不同部位湖羊肌纤维组织学特性进行研究，旨在为开展湖羊的纯繁、新品种培育以及优质高档羊肉产品开发提供科学依据。

1　材料与方法

1.1　试验材料

1.1.1　试验样品来源

羊肉样品来源于河南省洛阳市洛宁农本畜牧科技开发有限公司规模化饲养的湖羊群体。所有羊只均采用分阶段饲养，饲养环境和条件相同，所选取的屠宰羊分别从初生羔羊（1～3日龄）、断奶羔羊（2.5月龄）和成年羊（2岁）群体中随机抽取5只，共屠宰15只。肌肉营养特定取背最长肌样品进行分析，肌纤维组织学特性取背最长肌、股二头肌(腿部)、臂三头肌(肩部)样品进行分析，

在屠宰场现场取样。。

1.1.2　主要试验仪器

凯氏蒸馏装置、锥形瓶、消化管、定氮仪，为北京中科环试有限公司产品；索氏提取器，为上海允延仪器有限公司产品；马弗炉、水浴锅，为河南鑫科分析仪器有限公司产品；L-8900 全自动氨基酸分析仪，日本日立公司产品，紫外分光光度计、切片机、显微彩图分析设备，为湖北孝感阔海医疗科技有限公司产品。

1.1.3　主要试剂

盐酸羟胺、三乙醇胺、乙二胺、淀粉为上海凌峰化学试剂有限公司产品，孔雀石绿指示剂、钙标溶液等指示剂为天津政成化学制品有限公司产品，苏木素、伊红、中性树胶为天津市津科精细化工研究所产品，其他试剂均为国产分析纯。

1.2　试验方法

1.2.1　肌肉中常规营养成分和氨基酸含量测定方法

肉样中水分含量的测定方法参照《肉与肉制品 水分含量测定》[11]，粗蛋白质含量的测定方法参照 GB 5009.5—2010《食品中蛋白质的测定》[12]，粗脂肪含量的测定方法参照 GB/T 9695.7—2008《肉与肉制品 总脂肪含量测定》[13]，粗灰分含量采用灼烧重量法测定，钙含量测定方法参照 GB/T 9695.13—2009《肉与肉制品 钙含量测定》[14]，磷含量测定方法参照 GB/T 9695.4—2009《肉与肉制品 总磷含量的测定》[15]。氨基酸组成及含量参照文献[16]的方法应用 L-8900 全自动氨基酸分析仪进行测定，具体如下：将肉样烘干至恒重后取 5 mg，用 6 mol/L 盐酸于 110 ℃水解 24 h，脱酸后，用水定容至 5 mL，用 L-8900 全自动氨基酸分析仪进行检测。

1.2.2　肌纤维组织学特性研究方法

试验羊屠宰后根据试验要求采取臂三头肌、背最长肌、股二头肌各部位肌肉，通过 10%的甲醛中固定 12 h，后，然后放入从浓度较低到浓度较高的酒精中水洗，再用二甲苯透明 30 min 左右，将透明好的组织块放入熬好的石蜡中浸 12 h 左右，然后将组织包埋，将包埋好的组织修好后在切片机上进行切片。通过伊红染色法进行染色后，在显微镜下测定肌纤维直径和密度。

1.3　数据统计

所有数据运用 SPSS 17.0 统计软件进行分析，并采用 LSD 法进行差异显著性检验。

2　结　果

2. 1　湖羊肌肉中常规营养成分含量的测定结果

由表 1 知，初生羔羊肌肉的水分含量为 77.01%，到成年时降到 74.24%；粗蛋白质含量随年龄的增长而增加，由初生羔羊的 20.3%增加到成年羊的 22.6%，差异显著（$P<0.05$）；此外，肌肉粗脂肪、粗灰分、钙、磷含量也随年龄的增长而增加，初生羔羊与成年羊之间差异显著（$P<0.05$）。

表 1　湖羊肌肉中常规营养成分含量

Table 1　Common nutrition component contents in muscle from *Hu* sheep

项目 Items	初生羔羊 Newborn lamb	断奶羔羊 Weaned lamb	成年 Adult sheep
水分 Moisture/%	77.01±0.12[a]	76.38±0.33[b]	74.24±0.27[c]
粗脂肪 EE/%	4.12±0.12[a]	4.33±0.11[a]	4.80±0.35[b]
粗蛋白质 CP/%	20.30±0.28[a]	21.10±0.31[a]	22.60±0.90[b]
粗灰分 Ash/%	0.97±0.12[a]	1.04±0.17[a]	1.21±0.12[b]
钙 Ca/(mg/kg)	4.72±0.13[a]	5.13±0.21[a]	5.56±0.12[b]
磷 P/(mg/kg)	20.90±0.51[a]	21.30±1.1[a]	22.10±0.89[b]

同行数据肩标相同或无小写字母表示差异不显著（$P>0.05$），不同小写字母表示差异显著（$P<0.05$）。表 2 同。

In the same row, values with the same or no letter superscripts mean no significant different（$P>0.05$）, while with the different small letter superscripts mean significant different（$P<0.05$）. The same as Table 2.

3.2 湖羊肌肉中各类氨基酸含量的测定结果

不同年龄的湖羊相比，成年羊肌肉中各类氨基酸的含量最高，其氨基酸总量为 19.14%，断奶羔羊次之，为 17.92%，初生羔羊最低，为 17.51%。在必需氨基酸中，赖氨酸含量最高，其在初生羔羊、断奶羔羊和成年羊肌肉中的含量分别为 1.70%、1.78%、1.86%，分别占所测定氨基酸总量的 9.71%、9.93%和 9.72%；其次是亮氨酸，其在初生羔羊、断奶羔羊和成年羊肌肉中的含量分别为 1.47%、1.53%、1.58%，分别占所测定氨基酸总量的 8.40%、8.53%和 8.25%。在非必需氨基酸中，谷氨酸含量最高，其在初生羔羊、断奶羔羊和成年羊肌肉中的含量分别达到 3.06%、3.16%和 3.34%，分别占所测定氨基酸总量的 17.48%、17.63%和 17.45%；其次是天门冬氨酸，其在初生羔羊、断奶羔羊和成年羊肌肉中的含量分别达到 1.66%、1.72%和 1.80%，分

别占所测定氨基酸总量的9.48%、9.60%和9.40%。其他氨基酸含量也基本随着年龄的增长大致呈上升趋势。

表2　湖羊肌肉氨基酸含量

Table 2　Amino acid contents in muscle from *Hu* sheep

项目 Items		初生羔羊 Newborn lamb	断奶羔羊 Weaned lamb	成年 Adult sheep
必需氨基酸 EAA	苏氨酸 Thr	0.74±0.09[a]	0.77±0.05[b]	0.81±0.06[c]
	缬氨酸 Val	0.88±0.03[a]	0.90±0.09[b]	0.94±0.14[c]
	蛋氨酸 Met	0.46±0.04[a]	0.49±0.08[b]	0.48±0.02[b]
	异亮氨酸 Ile	0.82±0.12[a]	0.86±0.11[b]	0.88±0.08[c]
	亮氨酸 Leu	1.47±0.16[a]	1.53±0.12[b]	1.58±0.07[c]
	苯丙氨酸 Phe	0.82±0.09[a]	0.84±0.12[b]	0.88±0.17[c]
	赖氨酸 Lys	1.70±0.22[a]	1.78±0.15[b]	1.86±0.05[c]
	色氨酸 Trp	0.17±0.01	0.18±0.02	0.19±0.02
	组氨酸 His	0.56±0.08[a]	0.58±0.13[b]	0.62±0.15[c]
	精氨酸 Arg	1.30±0.15[a]	1.33±0.17[b]	1.42±0.16[c]
	合计 Total	8.92	9.26	9.66
非必需氨基酸 NEAA	甘氨酸 Gly	0.99±0.10[a]	0.92±0.13[b]	1.16±0.24[c]
	酪氨酸 Tyr	0.54±0.03[a]	0.57±0.02[b]	0.58±0.04[b]
	天冬氨酸 Asp	1.66±0.08[a]	1.72±0.09[b]	1.80±0.12[c]
	丝氨酸 Ser	0.59±0.14[a]	0.62±0.17[b]	0.64±0.13[c]
	谷氨酸 Glu	3.06±0.16[a]	3.16±0.21[b]	3.34±0.11[c]
	丙氨酸 Ala	1.11±0.07[a]	1.12±0.12[a]	1.23±0.18[b]
	半胱氨酸 Cys	0.10±0.00	0.11±0.00	0.11±0.00
	脯氨酸 Pro	0.54±0.09[a]	0.44±0.03[b]	0.62±0.08[c]
	合计 Total	8.59	8.66	9.48
总氨基酸 Total AA		17.51	17.92	19.14

组氨酸和精氨酸在幼儿生长期是必需氨基酸。His and Arg were regarded as EAA in growth phase of children.

2.3　湖羊肌纤维组织学特性的测定结果

由表3和图1可知，初生羔羊、断奶羔羊和成年羊肌纤维直径均表现为背最长肌＜股二头肌＜臂三头肌，但不同部位间差异不显著（P>0.05）；而初生羔羊、断奶羔羊和成年羊肌纤维

密度与肌纤维直径变化趋势相反，均表现为背最长肌>股二头肌>臂三头肌，且对于初生羔羊和成年羊，背最长肌和股二头肌的肌纤维密度显著大于臂三头肌（P<0.05）。湖羊肌纤维直径随年龄的增长而增加，不同部位湖羊肌纤维直径均表现为初生羔羊 < 断奶羔羊 < 成年羊，且不同年龄间差异显著（P<0.05）；而湖羊肌纤维密度则随年龄的增长而减小，不同部位湖羊肌纤维密度均表现为为初生羔羊>断奶羔羊>成年羊，且不同年龄间差异显著（初生羔羊与断奶羔羊的臂三头肌除外）（P<0.05）。

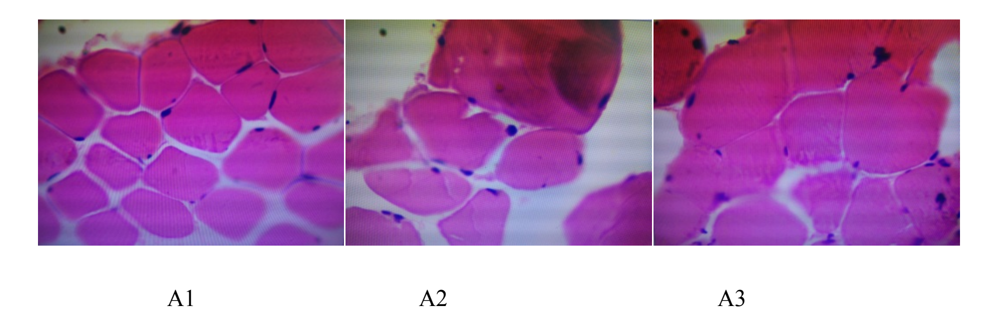
表 3　湖羊肌纤维组织学特性

Table 3　Muscle fiber histological characters of *Hu* sheep

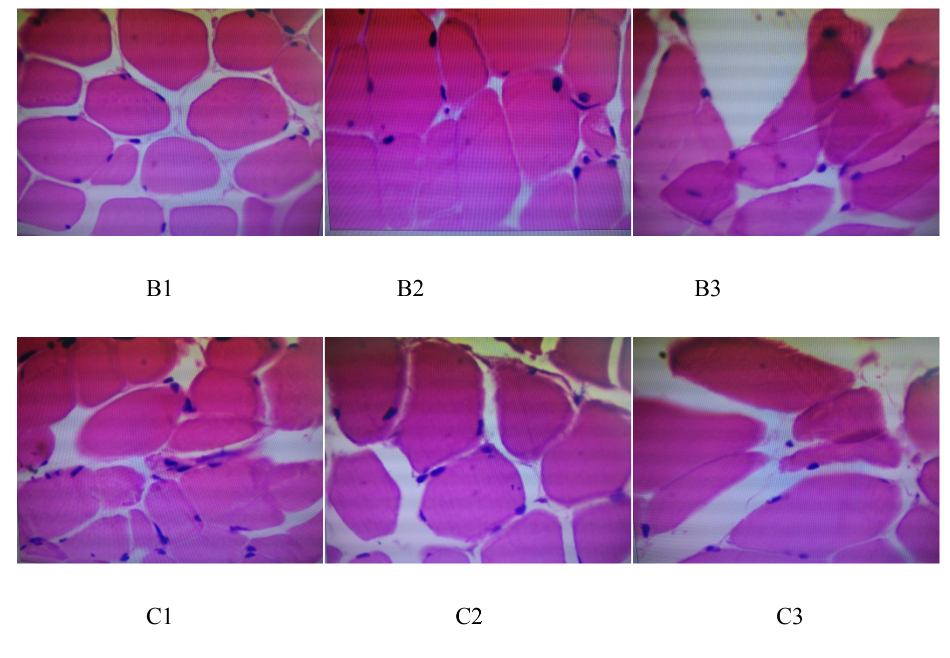
项目 Items	指标 Indices	背最长肌 *Longissimus dorsi*	股二头肌 Biceps femoris	臂三头肌 Arm triceps
初生羔羊 Newborn lamb	直径 Diameter/μm	7.22±0.03^{a}	7.39±0.02^{a}	7.60±0.02^{a}
	密度 Density/（根/mm^2）	4 766.85±8.14^{a}	4 721.41±4.80^{a}	4 649.71±10.4^{b}
断奶羔羊 Weaned lamb	直径 Diameter/μm	9.35±0.06^{b}	9.43±0.07^{b}	9.61±0.07^{b}
	密度 Density/（根/mm^2）	4 526.22±20.34^{b}	4 413.94±10.90^{b}	4 340.74±20.82^{b}
成年羊 Adult sheep	直径 Diameter/μm	26.22±0.54^{c}	26.90±0.51^{c}	28.28±0.18^{c}
	密度 Density/（根/mm^2）	2 067.88±20.10^{c}	1 984.09±7.57^{c}	1 846.49±13.56^{d}

同一指标肩标相同或无小写字母表示差异不显著（P>0.05），不同小写字母表示差异显著（P<0.05）。

Values for the same index with the same or no letter superscripts mean no significant different（P>0.05）, while with the different small letter superscripts mean significant different （P<0.05）.



A1　　A2　　A3



B1 B2 B3

C1 C2 C3

图 1 不同年龄湖羊不同部位肌纤维图

Fig.1 Graphy of muscle fiber in different anatomic sites of *Hu* sheep at different ages

A1：初生羔羊背最长肌；A2：初生羔羊股二头肌；A3：初生羔羊臂三头肌；B1：断奶羔羊背最长肌；B2：断奶羔羊股二头肌；B3：断奶羔羊臂三头肌；C1：成年羊背最长肌；C2：成年羊股二头肌；C3：成年羊臂三头肌。

A1: *longissimus dorsi* of newborn lamb; A2: biceps femoris of newborn lamb; A3: arm triceps of newborn lamb; B1: *longissimus dorsi* of weaned lamb; B2: biceps femoris of weaned lamb; B3: arm triceps of weaned lamb; C1: *longissimus dorsi* of adult sheep; C2: biceps femoris of adult sheep; C3: arm triceps of adult sheep.

3 讨 论

3.1 湖羊肌肉常规营养成分含量与肉质性状

羊肉同其他畜禽肉一样，含有水分、蛋白质、脂肪、矿物质和维生素。Lawire[17]认为肉品物理性状是反映其品质优劣的比较直观而且易于测定的一类性状，且其中多数性状决定了肉品的食用品质以及具有重要的经济意义，因此，物理性状是进行肉品品质研究的一项重要内容。由表 1 可知，本次试验测得成年湖羊肌肉水分含量为 74.24％，高于巴里坤羊的 72.57%[18]、河南大尾寒羊的 71.78%[19]以及滩羊的 70.94%[20]，这说明湖羊肉水分含量较高，肉质较细嫩。湖羊肌肉内脂肪沉积随着年龄增长而增加，成年湖羊肌肉中粗脂肪含量达到 4.80%，高于苏尼特羊（3.14%）[21]、小尾寒羊（2.49%）[22]、北川白山羊(2.20％)[23]、关中奶山羊(4.78％)[24]和南江黄羊(2.50％)[25]。羊肉中的脂肪既可提供人类所需要的脂肪，又可增加肉的风味。羔羊肉的脂肪

含量低，羊肉特有的一些风味前体物质在体内沉积少，膻味轻，这也是羔羊肉除了细嫩以外的又一重要特性。羊肉中的蛋白质是人体营养需要蛋白质的优良来源，湖羊肉蛋白质含量在 20%以上，成年湖羊肌肉中粗蛋白质含量最高，达 22.6%，高于苏尼特羊（19.2%）[21]、小尾寒羊（21.6%）[22]、河南大尾寒羊（22.49%）[19]、滩羊（20.36%）[26]以及鲁西黑头肉羊（20.02%）[27]。成年湖羊肌肉中粗灰分含量为 1.21%，高于河南大尾寒羊（0.91%）[19]、滩羊(1.05%)[28]。成年湖羊肌肉中钙、磷含量比较丰富，分别为 5.56、22.1 mg/kg。本研究测得湖羊的常规营养成分含量丰富，肉质优良，与我国大多肉羊品种比较存在的差异，这些差异性是由于羊肉的主要营养成分因品种、性别、年龄、饲养水平、同一胴体的不同部位不同而不同。

3.2　湖羊肌肉氨基酸含量与肉质性状

羊肉中的氨基酸可提供给人体均衡的氨基酸。对于湖羊，其初生羔羊、断奶羔羊和成年羊肌肉中必需氨基酸含量分别达到 8.92%、9.26%、9.66%，非必需氨基酸含量分别达到 8.69%、8.66%、9.48%。另外，成年湖羊必需氨基酸和非必需氨基酸含量与陈雪君等[29]测得的值 8.79%、11.49%相比，有一定差异，这可能是由于必需氨基酸的归类方法不同，本研究根据资料[30]将半必需氨基酸如组氨酸和精氨酸(一般认为是婴幼儿必需氨基酸)按照必需氨基酸统计，也可能是由于各自选定的成年湖羊的年龄不同（2 岁 vs. 4 岁），或者是湖羊饲养环境不同造成的。大量研究表明，氨基酸中的丝氨酸、谷氨酸、甘氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、丙氨酸和脯氨酸是肉香味的前体氨基酸，尤其是谷氨酸，是肉中的主要鲜味物质。本研究中湖羊肌肉中各种必需氨基酸和鲜味氨基酸含量都比较丰富，重要风味前体氨基酸含量较高，尤其是谷氨酸和天门冬氨酸，分别达到 3.34%、1.80%，与陈雪君等[29]对湖羊的测量结果（分别为 3.30%、1.94%）相近，高于小尾寒羊的测量结果（分别为 2.48%、1.23%）[26]。另外，断奶湖羊肌肉中谷氨酸含量虽然低于成年湖羊，但在氨基酸总量中所占的比例却高于成年湖羊，更高于初生湖羊，因此，在正常人们食羊肉过程中，初生羔羊肉虽然细嫩，但口感却不如断奶羔羊肉好吃，而断奶羔羊肉不论从嫩度和口感上均优于成年羊。被看成人类第一限制性氨基酸的赖氨酸在各年龄的湖羊肌肉中含量均最高，以断奶羔羊肌肉中赖氨酸占氨基酸总量的比例最高，这一方面显示湖羊肉独特的营养特性，另一方面说明湖羊肉经过适当的加工可制成浓厚鲜味的肉制品，而断奶期湖羊羔羊肉更具营养价值。

3.3　湖羊肌纤维组织学特性与肉质性状

肌纤维直径和密度与肉质关系密切。肌纤维直径和密度是影响肌肉嫩度和系水力的重要指标，肌纤维越细、密度越大的品种，其肌内脂肪的沉积量越多。随着肌纤维直径的增大，肌肉嫩度降低，一般认为肌纤维直径越小，密度越大，则肉质越好。当然，除此之外，肌纤维中肌节长度、肌纤维小片化指数和保水性等对肌肉的嫩度也有重要影响。本研究中，湖羊同一部位肌肉的肌纤维直径和密度在不同年龄间存在差异，年龄越小，肌肉嫩度越好，因为随着年龄增长，肌纤维显著变硬，这与曾勇庆等[31]和高爱琴等[32]研究年龄对羊肉纤维影响时所得结论一致。同一年龄的湖羊，不同部位之间肌纤维直径存在差异，3 个部位中以背最长肌肌纤维直径最小，成年湖羊背最长肌的肌纤维直径为 26.22 μm，与孙伟等[33]测定的湖羊公母平均值（26.77 μm）相近，而小于苏尼特羊（42.81 μm）[21]、小尾寒羊（28.84 μm）[22]、南江黄羊（34.13 μm）[23]和关中奶山羊（38.10 μm）[24]。由此可见，湖羊与苏尼特羊和小尾寒羊的肌纤维直径比较相对较小，密度较大。由于我国肉羊品种数量多、分布广，不同地区的气候条件、饲养管理方式及饲草饲料资源均不同，可能会导致既便是同一年龄、同一部位的羊肉，在肌纤维组织学特性上也会存在差别。羊肉的嫩度对消费者的购买趋向起着重要的作用，消费者可以从年龄、部位等因素考虑购买理想羊肉产品。

4 结　论

① 湖羊肌肉营养物质含量丰富，氨基酸组成齐全，除水分外的其他常规营养成分含量均随年龄的增长而增加。

② 从湖羊肌肉中重要氨基酸所占氨基酸总量比例的角度分析，断奶羔羊肉更具营养价值、鲜味和香味。

③ 在相同饲养管理条件下，湖羊肌肉营养特点和肌纤维组织特性受年龄、部位等因素影响，不同年龄、不同部位肌肉的肌纤维直径和纤维密度不同，总体表现为断奶羔羊肉更鲜嫩。

参考文献：

[1] 赵有璋.中国养羊学[M].北京:中国农业出版社,2013.

[2] 张德权.羊肉加工与质量控制[M].北京:中国轻工业出版社,2015.

[3] 张英杰.羊生产学[M].北京:中国农业大学出版社,2012.

[4] 席斌,高雅琴,李维红.我国湖羊的发展现状及前景[J].中国兽医杂志,2007,26(5):37,41.

[5] 梁志峰,辛彩霞,稽道仿,等.杜泊绵羊和湖羊杂交一代的生产性能研究[J].新疆农垦科技,2007(5):38–39.

[6] 周卫东,姜俊芳,宋雪梅,等.湖羊和杜湖杂交一代羊肉用性能比较研究[J].黑龙江畜牧兽医,2010(7):61–62.

[7] 聂海涛,王子玉,应诗家,等.采食量水平对杜湖F_1代羊肉品质的影响[J].江苏农业科学,2012,40(1):179–181.

[8] XING H J,WANG Z Y,ZHONG B S,et al.Effects of different dietary intake on mRNA levels of MSTN,IGF-I,and IGF-II in the keletal muscle of Dorper and Hu sheep hybrid F-1 rams[J].Genetics and Molecular Research,2014,13(3):5258–5268.

[9] LV X Y,NI R,SUN W,et al.Candidate genes for the development of hair follicles in Hu sheep[J].Genetics and Molecular Research,2016,15(3).DOI:10.4238/gmr.15036877.

[10] WANG Q,LUO Y,HE B,et al.Characterization of a novel xylanase gene from rumen content of hu sheep[J].Applied Biochemistry and Biotechnology,2015,177(7):1424–1436.

[11] 国家质量监督检验检疫总局,国家标准化管理委员会.GB/T 9695.15—2008 肉与肉制品 水分含量测定[S].北京:中国标准出版社,2008.

[12] 卫生部.GB/T 5009.5–2010 食品中蛋白质的测定[S].北京:中国标准出版社,2010.

[13] 国家质量监督检验检疫总局,国家标准化管理委员会.GB/T 9695.7–2008 肉与肉制品 总脂肪含量测定[S].北京:中国标准出版社, 2008.

[14] 全国食品工业标准化委员会肉禽蛋制品分技术委员会.GB/T 9695.13–2009 肉与肉制品 钙含量测定[S].北京:中国标准出版社, 2010.

[15] 全国食品工业标准化委员会肉禽蛋制品分技术委员会.GB/T9695.4–2009 肉与肉制品 总磷含量的测定[S].北京:中国标准出版社,2010.

[16] 任国艳,李八方,侯玉泽,等.海蜇头糖蛋白基本组成及结构[J].食品研究与开发, 2009, 30(7):121–124.

[17] LAWIRE R A.Meat science[M].4th ed.London:Pergamon Press,1985:169–196.

[18] 王志琴,张晓红,托合耐,等.巴里坤羊肉营养成分分析[J].草食家禽,2002(1):48–49.

[19] 田亚磊,宗珊颖,吉进卿,等.河南大尾寒羊屠宰性能和肉质特性研究[J].云南农业大学学报:自然科学版,2010,25(2):226–229.

[20] 钱文熙.滩羊肉品质研究[D].硕士学位论文.银川:宁夏大学,2005:22–53.

[21] 华晓青.苏尼特羊肌肉组织学特性和理化性状的研究[D].博士学位论文.呼和浩特:内蒙古农业大学,2012:18–32.

[22] 郭元,李博.小尾寒羊不同部位羊肉理化特性及肉用品质的比较[J].食品科学-基础研究,2008,29(10):143–147.

[23] 严成.北川白山羊种质特性及羊肉品质的研究[D].硕士学位论文.杨凌:西北农林科技大学,2000:36–41.

[24] 丁武.波尔山羊与关中奶山羊杂交后代产肉性能及羊肉品质研究[D].博士学位论文.杨凌:西北农林科技大学,2005:24–37.

[25] 李松柏.舍饲规模饲养条件下育成羊生产性能及其胴体品质研究[M].硕士学位论文.雅安:四川农业大学,2006:37–38.

[26] 钱文熙,晁向阳,祝卫东,等.舍饲滩羊、小尾寒羊及滩寒 F_1 代羔羊肌肉内矿物质元素含量研究[J].畜牧与饲料科学,2006,27(5):26–28.`

[27] 王金文,崔绪奎,张果平,等.鲁西黑头肉羊与小尾寒羊肉质性状的比较研究[J].家畜生态学报,2012,33(4):52–56.

[28] 吉帅.舍饲滩羊羊肉品质变化规律研究[D].硕士学位论文.银川:宁夏大学,2013:19-20.

[29] 陈雪君,茅慧玲.湖羊肌肉营养成分组成及风味物质研究[J].中国畜牧杂志,2011,47(11):69–72.

[30] 王莉梅，薛树媛，田丰，等.全混合发酵饲料对羊肉品质的影响[J].黑龙江畜牧兽医,2015(7):38-42.

[31] 曾勇庆,王慧,储明星.小尾寒羊肉品理化性状及食用品质的研究[J].中国畜牧杂志,2000,20(3):6–8.

[32] 高爱琴,陶晓臣,李虎山,等.性别与年龄对巴美肉羊肉品质的影响[J].黑龙江畜牧兽医,2010(1):55–57.

[33] 孙伟,程华平,马月辉,等.湖羊背最长肌组织学特性分析及其与陶赛特羊的初步比较[J].中国畜牧杂志,2011,47(11):12–14.

Nutritional Characteristics and Muscle Fiber Histological Characters of Muscle from *Hu* Sheep

WANG Yuqin[1, 2] TIAN Zhilong[1] SHI Huibin[1] LIU Qiannan[1] REN Guoyan LI Yuanxiao[1, 2] LIU Yumei[1] WU Qiujue[1] WANG Jianping[1] ZHANG ZIqiang[1] DING Ke[1] YU Zuhua[1] ZHAO Zhanqin[1]

(1. *College of Animal Science and Technology*, *Henan University of Science and Technology*, *Luoyang* 471023, *China*; 2. *Engineering Research Center for Mutton Sheep Breeding of Henan Province*, *Luoyang* 471003, *China*)

Abstract: In order to study the nutritional characteristics and muscle fiber histological characters of muscle from *Hu* sheep, the contents of common nutrition components (moisture, crude protein, crude fat, ash, calcium and phosphorus), eighteen kinds of amino acids and histological traits (muscle fiber diameter and density of three parts from arm triceps, biceps femoris and *longissimu dorsi*) of *Hu* sheep with different ages (newborn, weaned and adult) were measured. The results showed as follows: with the age increasing, the moisture content in muscle was significantly decreased ($P < 0.05$), and the crude fat, crude protein, ash, calcium and phosphorus contents were gradually increased, and the differences of those indexes between newborn and weaned lambs and adult sheep were significant ($P < 0.05$). The threonine (Thr), valine(Val), Met (methionine), isoleucine (Ile), leucine (Leu), phenylalanine (Phe), lysine (Lys), histidine (His) and arginine (Arg) contents in muscle of *Hu* sheep were significantly increased with the age increasing ($P < 0.05$), and the non-essential amino acids had generally upward trend with the age increasing. Among all of amino acids in muscle of *Hu* sheep, glutamic acid （Glu） content was the highest and the second was aspartic acid （Asp）. The muscle fiber diameter of arm triceps in the three ages' sheep was the biggest, followed by the biceps femoris and the *longissimus dorsi*. The muscle fiber density of *longissimus dorsi* in the three ages sheep was the biggest, followed by the biceps femoris and the arm triceps, and the difference of muscle fiber density among the three body part muscles of the same age sheep was significant ($P < 0.05$). For the same body part muscle, the muscle fiber diameter was increased and the muscle fiber density was decreased with the age increasing, and the significant differences were existed among different ages (except the arm triceps of newborn and weaned lambs) ($P < 0.05$). It is concluded that *Hu* sheep muscle has rich nutrition and

---

Author, WANG Yuqin, professor, E-mail： wangyq6836@163.com (责任编辑 菅景颖)

many kinds of amino acids, and its muscle fiber histological characters are different among different body parts and different ages. Especially, for weaned lamb, the muscle is more nutritious with more sweet and tender.

Key words: hu sheep; muscle; nutrient components; muscle fiber histological characters